



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Medicina Veterinaria

Escuela Profesional de Medicina Veterinaria

Algas como una alternativa en la nutrición en avicultura

TESINA

Para optar el Título Profesional de Médico Veterinario

AUTOR

Miguel GIL SAAVEDRA

ASESOR

Nadia Edith FUENTES NEIRA

Lima, Perú

2016



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Gil M. Algas como una alternativa en la nutrición en avicultura [Tesina de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina Veterinaria, Escuela Profesional de Medicina Veterinaria; 2016.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA



**PROGRAMA DE TUTORÍA EN INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL
TÍTULO PROFESIONAL DE MÉDICO VETERINARIO POR LA
MODALIDAD DE EXAMEN DE APTITUD PROFESIONAL**

En el auditorio principal de la Facultad de Medicina Veterinaria, el día viernes **04 de noviembre de 2016**, a las 12:00 horas, se constituyó el Jurado Examinador designado mediante Resolución Directoral N° 004-PROG-TUTORÍA/FMV-2016, integrado por los siguientes profesores:

EDGARDO FIGUEROA TERRY	Presidente del Jurado
NADIA FUENTES NEIRA	Tutora
ROSA GONZÁLEZ VÉLIZ	Miembro del Jurado
JUAN OLAZÁBAL LOAIZA	Miembro del Jurado

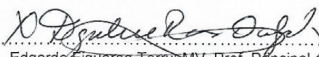
Luego de la instalación del Jurado, a cargo del Presidente y bajo la dirección del mismo, el Bachiller Don: **GIL SAAVEDRA, MIGUEL**, para optar el Título Profesional de Médico Veterinario, procedió a la sustentación pública de la Tesina:


“ALGAS COMO ALTERNATIVA EN LA NUTRICIÓN EN AVICULTURA”

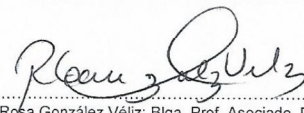
Luego de absolver las preguntas del Jurado y del público asistente, el Jurado deliberó con la abstención reglamentaria del Tutor y acordó su **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD**, otorgándole la nota de **DIECISEIS (16)**.

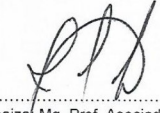
Habiéndose aprobado la sustentación pública de la Tesina, el Presidente en representación del Jurado recomienda que la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria proponga la aprobación del **TÍTULO PROFESIONAL DE MÉDICO VETERINARIO** a la Facultad de Medicina Veterinaria y que esta proponga al Rectorado el otorgamiento respectivo.

Siendo las **13:10 horas**, concluyó el acto académico de sustentación pública de la Tesina en fe de lo cual suscriben la presente acta por cuadruplicado los integrantes del Jurado:


Edgardo Figueroa Terry: MV. Prof. Principal, D.E.


Nadia Fuentes Neira: MV. Prof. Auxiliar, T. C.


Rosa González Véliz: Blga. Prof. Asociado, D.E.


Juan Olazábal Loaiza: Mg. Prof. Asociado, T.C.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA
Facultad de Medicina Veterinaria
ESCUELA PROFESIONAL DE MEDICINA VETERINARIA

Trabajo sustentado y aprobado ante el Jurado designado por la Escuela Académico Profesional de Medicina Veterinaria mediante Resolución Directoral N° 004-PROG-TUTORIA/FMV-2016

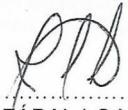
PRESIDENTE :


EDGARDO FIGUEROA TERRY

MIEMBROS :


NADIA FUENTES NEIRA
Tutora


ROSA GONZÁLEZ VELIZ


JUAN OLAZÁBAL LOAIZA

San Borja, 04 de noviembre de 2016

V° B°


Dra. DAPHNE RAMOS DELGADO
Directora de la Escuela Profesional de
Medicina Veterinaria

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar a este momento especial en mi vida, por darme la vida, salud y múltiples bendiciones.

A mi esposa Natalia, por brindarme siempre su apoyo incondicional en los buenos y sobretodo en los malos momentos.

A mi padre Artidoro y mi madre Benilda en el cielo, con su ejemplo me ensaaron a ser mejor persona, por su constante esfuerzo en brindarme lo mejor.

A mis hermanos, Marco, Carlos, Luis, Marilú, Yanina y Pablo, por todo su apoyo, en todos los momentos de mi formación académica y personal.

A mi alma Mater Universidad Nacional Mayor De San Marcos, por los conocimientos adquiridos en mi formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

A Lucía Granados Zavaleta, por el apoyo para la obtención de información para la realización de esta tesina.

A la Dra. Nadia Fuentes, por todo el apoyo durante todo el proceso de la tesina.

INDICE

RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
LISTA DE CUADROS.....	ix
LISTA DE FIGURA.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1 Algas.....	2
2.1.1 Antecedentes.....	2
2.1.2 Características, clasificación y distribución.....	3
2.1.2.1 Clasificación por tipo de pigmento.....	3
a. Cianofíceas.....	3
b. Rodofíceas.....	4
c. Feofíceas.....	5
d. Clorofíceas.....	6
2.1.3 Composición nutricional.....	9
2.2 Trabajos de investigación en algunas especies.....	15
2.3 Trabajos de investigación en avicultura.....	19
2.3.1 Efecto sobre el nivel de colesterol y otros ácidos grasos.....	19
2.3.2 Efecto sobre la pigmentación.....	22
2.3.3 Efecto en parámetros productivos y reproductivos.....	24
2.3.4 Empleo como fuente de minerales.....	27
2.3.5 Eficiencia económica.....	27
2.4 Ventajas.....	30
2.5 Desventajas.....	31
III. CONCLUSIONES.....	32
IV. RECOMENDACIONES.....	33
V. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	34

RESUMEN

Las algas son organismos que se encuentran en diferentes medios acuáticos desde mares hasta lagos y ríos. Inicialmente fue utilizado como alimentación humana y con el tiempo ha ido incursionando en la alimentación animal aprovechando los múltiples beneficios que éstas poseen. La revisión muestra las aplicaciones en la alimentación de las aves, que en dosis indicadas son favorables como fuente de nutrientes tales como minerales, vitaminas, aminoácidos, sobre todo de propiedades pigmentantes tanto para los huevos de gallina, como para la piel y músculos de los pollos de carne para su aceptación en el mercado. Además la presencia de ácidos grasos en algunas especies de algas, cumple un rol importante en la salud pública ya que actualmente, la nutrición humana adquiere un nuevo enfoque terapéutico y preventivo, que le brinde una óptima calidad de vida, por lo que se busca alimentos enriquecidos que no sólo proporcionen nutrientes convencionales, sino que brinden beneficios en la salud.

Palabras claves: algas, avicultura, nutrientes, beneficios.

ABSTRACT

Algae are organisms found in different aquatic environments from the seas to lakes and rivers. Initially, algae were used as food for humans and over time, they have been entering into animal feed taking advantage of the many benefits they have. The present review shows the applications of algae in the feeding in the avian industry, which in the indicated doses are favorable as a source of nutrients such as minerals, vitamins, amino acids and, above all, pigmentants for both hen eggs and, the skin and muscles of the broilers, for their acceptance in the market. In addition, the presence of fatty acids in some species of algae plays an important role in public health, as human nutrition currently acquired a new therapeutic and preventive approach, which provides an optimum quality of life, reason for searching enriched foods are sought which not only provide conventional nutrients, but also provide benefits to human health.

Keywords: algae, poultry, nutrients, benefits.

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.	Resumen de la clasificación de las algas	7
Cuadro 2.	Composición química comparativa de diferentes algas.....	9
Cuadro 3.	Composición bromatológica de algas del genero <i>Ulva</i> , extraídas del medio natural y cultivadas.....	10
Cuadro 4.	Perfil de aminoácidos de diferentes algas en comparación con las fuentes de proteínas convencionales y el patrón de referencia de la OMS / FAO (g/100 de proteína).....	11
Cuadro 5.	Contenido de vitaminas de diferentes microalgas en comparación con alimentos, valores en mg/Kg de materia seca.....	12
Cuadro 6.	Contenido de ácidos grasos de tres algas	13
Cuadro 7.	Composición de pigmentos de tres algas.....	14
Cuadro 8	Composición de minerales de tres algas	14
Cuadro 9	Composición (%) de las dietas testigo y experimental.....	15
Cuadro 10	Resultados obtenidos con respecto a los aportes nutricionales de ambas dietas	16
Cuadro 11	Valores nutricionales obtenidos de la harina de alga <i>Sargassum spp.</i>	17
Cuadro 12	. Composición de las dietas experimentales (%).....	20
Cuadro 13.	Concentración de colesterol en el huevo de gallinas alimentadas con diferentes niveles de inclusión de las algas <i>Sargassum spp.</i> en su dieta durante un periodo de 5 semanas.....	21
Cuadro 14	Promedio de carotenoides contenidos en la yema de huevo (media \pm SD; μ g/kg) durante el experimento.....	23
Cuadro 15	Eficiencia económica de las gallinas de postura Sinai y Gimmizah afectadas por el tratamiento en la dieta.....	28
Cuadro 16.	Costo de producción por dieta.....	29

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Tipos de algas. (a) Morfología de <i>Spirulina platensis</i> , micrografía electrónica de barrido. (b) Algas rodofíceas, <i>Porphyra spp.</i> (c) Alga feofíceas, <i>Macrocystis spp.</i> (d) Algas clorofíceas, <i>Ulva spp.</i>	8
Figura 2.	Comparación del color de la yema de huevo del grupo control con diferentes adiciones de <i>Spirulina</i> y un pigmentante sintético, usando el abanico de color BASF	25
Figura 3.	Observación del color de las patas del grupo control con diferentes adiciones de <i>Spirulina</i>	25

I. INTRODUCCIÓN

Diversas investigaciones han puesto de manifiesto el interés de la utilización de algas en la alimentación avícola, debido a que son fuente favorable de proteínas, lípidos, polisacáridos, minerales, vitaminas y enzimas (Rimber, 2007) además de ser sobresaliente fuente de aminoácidos esenciales, proporcionan una mayor digestibilidad así como también algunas pueden ser precursores originales de ácidos grasos poliinsaturados: EPA y DHA (Fernández, 2014), que pueden mejorar la calidad de ácidos grasos del producto (huevo y carne). y algunas pueden contribuir en el mejoramiento de algunos los parámetros productivos (Mairey, 2012). Asimismo provee una alternativa a otras fuentes tradicionales, tales como el aceite de pescado y/o pigmentantes en las dietas de las aves (Becker, 2004).

La importancia de la realización de esta tesina radica en la recopilación de información sobre los estudios realizados en algas en la alimentación avícola para su aplicación.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Algas

2.1.1 Antecedentes

El uso de algas en la alimentación humana y animal es una práctica que se remonta hace muchos siglos. En los países orientales se tiene documentado que las algas marinas han sido utilizadas como alimento desde el siglo IV, en Japón; y desde el siglo VI, en China. Estos dos países, junto con la República de Corea, son los mayores consumidores de algas marinas como alimento, y sus necesidades constituyen la base de una importante industria (McHugh, 2002).

Como alimento animal, algunos de los primeros informes científicos indican que el uso de algas marinas fue en las islas británicas. Los pastores de ovejas permitían que sus animales se alimentaran de las algas que aparecían en las playas después de las tormentas de invierno. Después de consumirlas, los pastores observaron que sus ovejas mostraban claras mejoras en su salud (Jensen, 1972; Chapman *et al.*, 1980). Así surgió la práctica de alimentar animales con algas marinas, y hoy en día esta práctica ha crecido para involucrar a numerosas especies de animales y ha recibido abundante interés científico por todos los beneficios que aportan, tanto en la salud como en la productividad. En países como Francia, Inglaterra, Escocia, Finlandia, Noruega e Islandia, las algas frescas se usan como alimento para ovinos, caballos y cerdos. En muchos casos, las algas son lo único en sus dietas (Castro *et al.*, 1994). Ésta práctica se hizo cada vez más frecuente porque, además de incrementar la palatabilidad y aportar una calidad nutricional extra, reduce la

dependencia del sector pesquero extractivo y de las fluctuaciones del precio de las harinas de pescado y aceites tradicionales. (Fernández, 2014).

2.1.2 Características, clasificación y distribución

Entre las características de estos organismos, destacan las altas tasas de producción, la adaptabilidad a distintas condiciones ambientales y su presencia en cualquier medio acuático donde exista una fuente de carbono, nutrientes, luz suficiente, junto con un intervalo apropiado de temperatura (Fernández, 2014).

Las algas son un grupo heterogéneo de aproximadamente 50,000 especies diferentes, que difieren en forma, tamaño, composición bioquímica, reproducción y hábitat (González, 1987; Garrido y Parada, 2008). Varían en tamaño desde microscópicas (microalgas), entre los que se encuentran desde especies unicelulares (de una sola célula) de alrededor de 10 micrones (un micrón es una milésima parte de un milímetro) hasta plantas enormes que miden sobre los 50 metros (Marín, 2003).

La clasificación de las algas se realiza sobre la base de su composición bioquímica, forma y aspectos citológicos, en donde la clasificación de mayor importancia es la que corresponde al tipo de pigmentos (González, 2004)

2.1.2.1 Clasificación por tipo de pigmentos

Por su coloración se clasifican en cuatro tipos:

a. Cianofíceas (algas verde-azuladas)

Son organismos procariotas fotosintéticos. El nombre común viene del tono azulado que tienen debido a un pigmento biliproteico (ficocianina) que enmascara el color verde de la clorofila; son organismos muy primitivos y cosmopolitas. Presentan morfologías muy variadas, pudiendo encontrarse colonias esféricas, ovoides o en placa (Marín, 2003).

En este grupo destacan las Spirulinas, un alga unicelular de color verde/azul con forma de espiral, de ahí el origen de su nombre. Es considerada como una microalga por su estructura filamentosa, mide unas 500 micras, se considera un vegetal carente de celulosa. Por sus características de membrana podría clasificársele dentro del reino animal

(Pedraza, 1989). Se emplean como alimentos por su alto contenido en proteínas (hasta 70% del peso seco). Además, ofrecen proteínas más digeribles que las de la carne de vacuno y contiene una sorprendente variedad de elementos nutritivos tales como, vitaminas, minerales, ácidos grasos esenciales, proteínas, ácidos nucleicos (ADN y ARN), clorofila, y una amplia gama de fitoquímicos. Esta alga crece en condiciones alcalinas con un pH que oscila entre 8.5 y 10.5 y a temperatura promedio de 25 a 35°C, a es este grupo pertenece la *Spirulina platensis* (Figura 1a), puede tolerar temperaturas bajas nocturnas hasta de 18°C. Los medios de cultivo pueden ser: químicos, sustratos convencionales y no convencionales (Garrido y Parada, 2008). Las propiedades alimenticias de las *Spirulina spp* eran conocidas desde la época precolombina; sin embargo, solo hasta hace unos años, la búsqueda de nuevas fuentes alternativas de proteína originó estudios con la finalidad de valorar dicha alga como alimento para el hombre y los animales. El elevado contenido proteico del producto, así como su balance de aminoácidos, hicieron pensar en su posible empleo como fuente de nitrógeno esencial para la alimentación de las aves y los cerdos en sustitución de las pastas oleaginosas y las harinas de pescado (Márquez *et al.*, 1974).

b. Rodofíceas (Algas rojas)

Son organismos eucariotas, presentes sobre todo en el medio marino. El color pardo-rojizo es por la existencia de biliproteínas (ficoritrina y ficocianina principalmente) que contribuyen a enmascarar el color verde de la clorofila, carecen de clorofila B. Constituyen el grupo más diverso entre las algas con alrededor de 4,000 especies. Las paredes celulares de ciertas algas rojas son la única fuente de donde se extraen dos polisacáridos de gran importancia económica industrial: el agar y el corraguín; ambas con propiedades suspensivas, emulsionantes, estabilizantes y gelidificantes. Entre ellas tenemos El Nori (*Phorphyra sp*) (Figura 1b) es un alga roja de suma importancia en la dieta de algunos pueblos, especialmente en Japón (Vian, 2006).

Phorphyra sp. es un alga de color rojo-verdoso a violáceo, con talo foliáceo amplio, hojas de hasta 10 cm de largo por 5 cm de ancho y formadas por una sola camada de células, crece sobre rocas, fijo por numerosas células próximas a la base y que emiten rizoides. Crecimiento por repetidas divisiones intercalares. Cada célula contiene un solo plastidio estrellado (Ramírez y Santelices, 1981). Su producción es de importancia en Argentina, Chile, China, Japón y Korea. (Zemke-White, 1999)

Gracillaria sp es un alga formada por talos cilíndricos, filamentosos de color pardo rojizo; poseen una ramificación muy variable y pueden alcanzar hasta 2 metros de longitud. Crecen en manojos o aisladamente. En hábitat con sustratos sólidos, estas plantas suelen adherirse a través de un grampón nítido, aplanado o cilíndrico; sin embargo, la mayoría de las veces vive flotando o enterrada en la arena sin estructura de adhesión. (Bird *et al.*,1987). Su producción en países como Argentina, Chile, China, India, Indonesia, México, Perú, Sudáfrica, Tailandia, US, Vietnam ha sido reportada por Zemke-White (1999).

Lithothamnium calcareum pertenece al grupo de algas rojas, tiene un aspecto calcario, pues absorbe el carbonato de calcio o el magnesio. Crecen en medios marinos y se desenvuelven en grandes profundidades donde existe la presencia de la luz. (Carreira *et al.*, 2011)

c. Feofíceas (Algas pardas)

Este grupo no presenta formas coloniales ni unicelulares (excepto gametos y esporas). Las formas más simples son pluricelulares microscópicas y de hábitos epífitos y las más complejas son de hábitos bentónicos y pueden llegar hasta cerca de los 60 m de largo. Además de poseer clorofila a, presentan también clorofila c2, y entre los pigmentos accesorios, el más común es el beta - caroteno, en tanto que, entre las xantofilas, la más frecuente es la fucoxantina. (Mansilla, 2004)

Las algas pardas dominan en las aguas frías, particularmente en el hemisferio norte. Se fijan al sustrato mediante rizoides formando bosques o praderas como las de *Laminaria* en el Atlántico o *Macrocystis* en el Pacífico (Figura 1c). Este grupo de algas se caracterizan por su crecimiento rápido, su inmenso tamaño y por sus tejidos relativamente complejos. Morfológicamente muy diversas y van desde algas filamentosas sencillas hasta tejidos diversificados de hasta 200 metros. En la pared de algunas especies de algas pardas se encuentran colides denominados alginatos, los cuales se usan del mismo modo que el agar y corraguín, las algas pardas también son fuente de vitaminas, minerales y suministro de proteínas como el *Ascophyllum* y, en algunos casos, se utilizan como fertilizantes. El Kombu (*Laminaria*) constituye un aporte alimenticio importante especialmente en la dieta japonesa (Garrido y Parada, 2008).

El alga *Sargassum sp.*, forma grandes mantos en aguas tropicales y subtropicales crece en playas con sustrato rocoso, piedras y cantos rodados (Ganzon-Fortes *et al.*,1993).

Laminaria sp. se distribuye en Escocia, Irlanda, Noruega, Francia, China, Japón, Corea, mientras que *Macrocystis sp.* se distribuye en la Costa oeste de Norteamérica, Costa de Tasmania y Australia, Perú, Chile y Argentina (Zemke *et al.*,1999)

Lessonia nigrescens (aracanto negra), es una macroalga conocida como “negra”. Se trata de plantas grandes de hasta 4 m, se ubica en el intermareal, en zonas de roqueros expuestos y semiexpuestos y en ambientes con oleaje permanente; su distribución se extiende desde Callo, en Perú, hasta Cabo de Hornos, en Chile, también se encuentra en Islas Malvinas, Ilas Heard y Kerguelen (IMARPE,2012).

d. Clorofíceas (algas verdes)

Las algas verdes conforman un grupo morfológicamente muy diversificado que incluyen representantes unicelulares, coloniales, como también formas filamentosas y parenquimatosas, las que pueden ir desde individuos microscópicos hasta algunas con longitudes de más de un metro de largo, por ejemplo, *Enteromorpha*, *Ulva*. (Mansilla y Alveal, 2004). La *Ulva spp.* (Figura 1d) tienen alta demanda en muchos países como alimento humano (Aguilera *et al.*,2005).

Poseen clorofila A y B, almidón como material de reserva. La mayoría son unicelulares o coloniales y constituyen una parte importante del plancton de los hábitats de agua dulce. Son algas que han colonizado todos los ambientes encontrándose el 90% de las especies en agua dulce y el 10% restante en aguas marinas (Garrido y Parada, 2008).

Otras algas de importancia comercial se muestran su clasificación en el Cuadro 1 junto a las anteriormente mencionadas.

Cuadro 1. Resumen de la clasificación de las algas mencionadas en el trabajo

Dominio ¹	Reino ¹	Division/phylum ¹	Clase ¹	Clasificación por color ²	Grupos ³	Representantes ¹	Distribución	Importancia
Bacteria	Eubacteria ³	Cyanophyta	Cyanophyceae	Algas azules-verdes	microalgas	<i>Spirulina platensis</i> ⁴	África Asia y Sudamérica ⁸	Fuente de proteínas, ácidos grasos, pigmentantes y vitaminas ⁵
Eucarya	Chromista	Bacillariophyta	Phaeodactylaceae	---	macroalgas	<i>Phaeodactylum tricornutum</i> ⁵	Francia, Alemania Nueva Escocia ⁹	Fuente de omega-3 ¹³
		Ochrophyta	Phaeophyceae	algas pardas	macroalgas	<i>Sargassum sp</i> <i>Laminaria sp</i> <i>Acrophyllum</i> , <i>Lessonia</i> , <i>Macrocystis</i> <i>Nannochloropsis oculata</i> ⁶	Mares fríos ¹⁰	Alimento humano y de animales, fuentes de vitaminas, minerales, suministro de proteínas, fuente de fucocantinas ¹⁰
			Eustigmatophyceae	---	microalgas		agua marina ⁶	fuentes de ácidos grasos omega-3 ^{14,15} y pigmentantes ¹⁶
Billiphyta		Haptophyta	Coccolithophyceae	----	microalgas	<i>Isochrysis galbana</i> ⁷	agua marina ¹¹	Fuente de omega-3 ¹³
Plantae (bacteria) ²	Rhodophyta	Rhodophyceae		algas rojas	macroalgas	<i>Gracilaria sp</i> <i>Porphyra sp (nori)</i>	La mayoría en aguas marinas ¹⁷	alimento humano, industria del agar y carragenina ¹⁷
					microalgas	<i>Porphyridium sp</i>		
	Chlorophyta ²	trebouxiophyceae		algas verdes	microalgas	<i>Chlorella vulgaris</i>	10% agua dulce y el resto en el litoral marino ¹²	Alimentación humana, medicina ¹⁸
					macroalgas	<i>Ulva lactuca</i> <i>Enteromorpha sp</i>		

Elaboración propia. 1 Guiry Md y Guiry GM (2007). 2 González S. (2004). 3 Chojnacka *et al* (2012). 4 Pascher A. (1914) 5 Bohlin K. (1987) 6 Hibberd DJ. (1981) 7 Parke M. (1949) 8 Vondrak A. (2002) 9 Rech *et al*. (2005) 10 Mansilla A (2004) 11 Otero *et al*. (1997) 12 Garrido y Parada (2008) 13 Lemahieu *et al*. (2013) 14 Kagan M y Matulka R. (2015) 15 Assaf S (1989) 16 Lubian *et al*. (2000) 17 Vian O (2016). 18 Zemke-White WL y Ohno M. (1999)

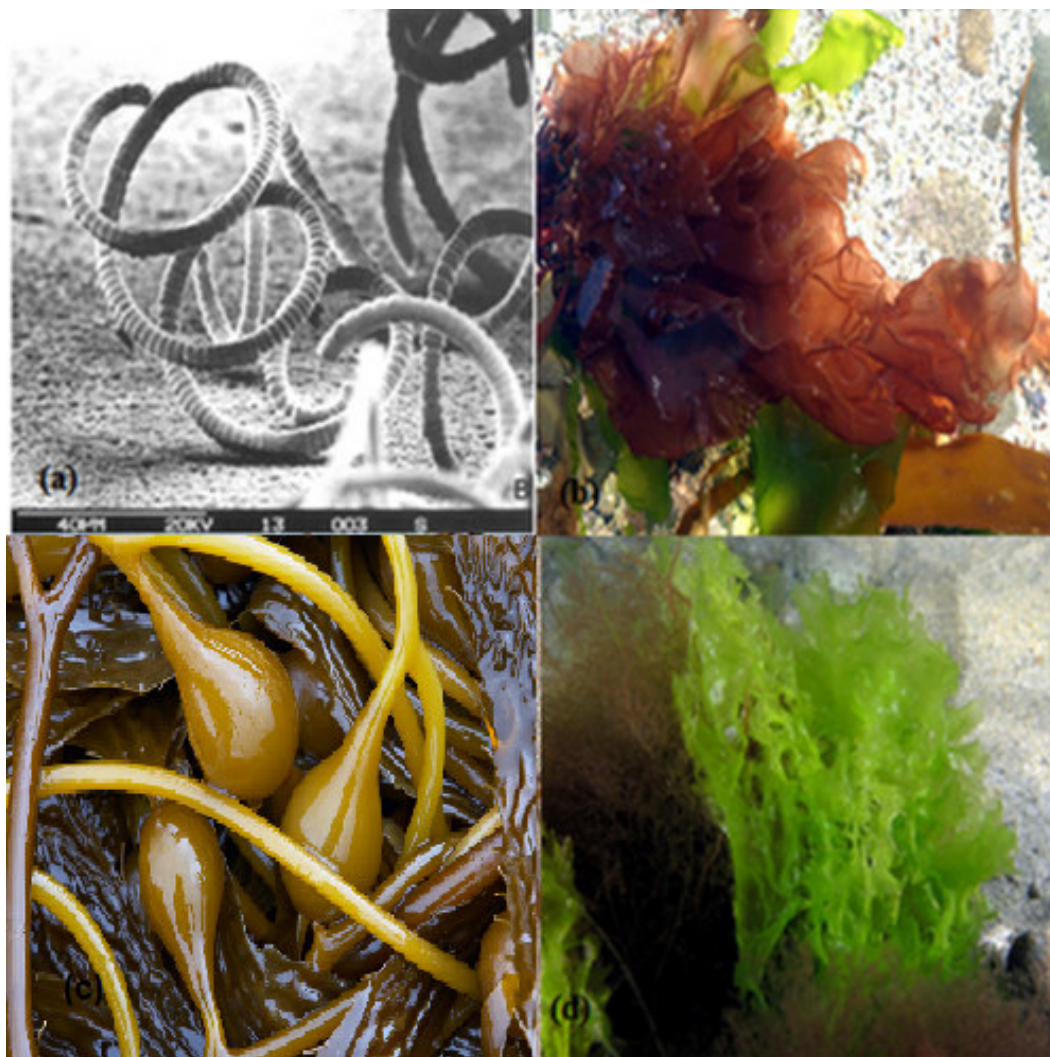


Figura 1. Tipos de algas. (a) Morfología de *Spirulina platensis*, micrografía electrónica de barrido. (b) Algas rodofíceas, *Porphyra spp.* (c) Alga feofíceas, *Macrocystis spp.* (d) Algas clorofíceas, *Ulva spp.*

2.1.3 Composición nutricional

La composición química (proteína, carbohidratos, lípidos, fibras, ceniza, nitrógeno) de las algas está directamente condicionada por la especie, la maduración, la situación geográfica, las condiciones ambientales, la estación del año (Ito y Hori, 1989; Marinho-Soriano *et al.*, 2006; Cruz-Suárez *et al.*, 2009), además de la irradiación y nutrientes (Kain y Norton, 1990). Se reconoce que las algas tienen la capacidad de aclimatación térmica enzimática, la cual les permiten continuar con sus funciones normales en zonas con estaciones climáticas pronunciadas. Asimismo, se ha demostrado que otros parámetros como crecimiento, morfología y reproducción también se han visto afectados por factores abióticos (Lobban y Harrison, 1994). En general, las algas pardas suelen tener menor cantidad de proteína, que oscila entre 3-24% mientras que entre 4-30% en algas verdes y entre 5-44% en las rojas (Marsham *et al.*, 2007; Holdt y Kraan, 2011).

En el cuadro 2 Presenta un resumen de la composición química de algunas algas de importancia en la alimentación humana y animal.

Cuadro 2. Composición nutricional comparativa de diferentes algas

Composición general	<i>Spirulina platensis</i> ¹ %	<i>Chlorella vulgaris</i> ² g/100g	<i>Ulva clathrata</i> ³ g kg ⁻¹	<i>Macrocystis</i> ⁴ g kg ⁻¹	<i>Sargassum filipendula</i> ⁵ %
Proteína	55 – 69	60.6	27.2	61	9.00
Carbohidratos	15 – 25	5.6	--	442	--
Grasas (Lípidos)	5-6	8.1	1.1	7	0.15
Fibra cruda	--	--	5.4	105	48.95
Minerales (cenizas)	6 – 9	9.1	18.6	311	38.6
Humedad	2.5 -4.5	---	--	74	12.5
Materia seca	---	96.6	--	--	87.5

Elaboración propia. 1 Zahroojian *et al.* (2013). 2 Halle *et al.* (2009). 3 Cruz-Suarez *et al.* (2008) 4 Cruz-Suarez *et al.* (2009) 5 Álvarez, R. y Sierra L. (2009)

Las algas *Sargassum*, por su composición química, son consideradas por el National Research Council como alimentos energéticos ya que contienen menos de un 20% de proteína, menos del 18% de fibra cruda y menos de un 35% de paredes celulares (o de fibra neutro detergente) (N.R.C. 1981).

En el cuadro 3, podemos observar las diferentes variaciones de las composiciones bromatológicas de las diferentes especies del género *Ulva* obtenidas del medio natural y de cultivo.

Cuadro 3. Composición bromatológica de algas del género *Ulva*, extraídas del medio natural y cultivadas

Especie	Medio natural			Cultivada
	U. Lactuca	U. rigida	U. pertusa	U. clathrata
Proteína cruda	29 ^m , 21.1 ^f , 15-25 ^e , 10-21 ^c , 7.06 ⁱ	5.9-6.4 ^g , 29.5 ^l 1.7 ^h , 0.3 – 0.6 ^g	20 ^c , 26 ^d	27.2 ⁿ , 20.7 ^o
Lípidos totales	0.5 ^m , 1.7 ^f , 1.64 ⁱ , 0.6 - 0.7 ^e	1.4 ^l		1.1 ⁿ , 1.5 ^o
Fibra cruda	2.8 ^m ,	4.7 ^h		5.4 ⁿ , 5.6 ^o
Ceniza	17.8 ^m , 17.5 ^f , 13-22 ^e , 21.3 ⁱ , 23.6 ^j , 21 ^a , 20 ^b	52-47 ^g	29.9 ^k	18.6 ⁿ , 38.4 ^o
Carbohidratos	14.6 ⁱ	14.1 ^h , 18.1-17.3 ^g		
Energía bruta*	15.7 ^m , 14.1 ^f			

Todos los valores están expresados en % de materia seca, excepto energía* MJ kg⁻¹ a Paine y Vadas (1969); b Carefoot (1973); c Arasaki y Arasaki (1983); d Nisizawa *et al.* (1987); e Indeergard y Minsaas (1991); f Ventura *et al.* (1998); g Foster y Hodson (1998); h Ventura *et al.* (1994); i Wong y Cheung (2000); j Lamare y Wing (2001); k Pengzhan *et al.* (2003); l Valente *et al.* (2006); m Marsham *et al.* (2007); n Cruz-Suarez *et al.* (2008); o Cruz-Suarez *et al.* (2010).

Las algas son abundantes, saludables, escasamente aprovechadas y algunas se prestan bien al cultivo controlado, tienen alto valor nutritivo, que nos proporcionan gran cantidad de vitaminas, minerales y oligoelementos en pequeñas cantidades que no suelen encontrarse frecuentemente en otros alimentos (Nieves, 2009; García *et al.*, 2010, Carrillo *et al.*, 1992

Sobre el contenido de aminoácidos de las algas, existe una variación significativa, por lo general, contienen todos los aminoácidos esenciales, por ejemplo, los estudios realizados sobre 19 algas marinas tropicales (Lourenço *et al.*, 2002) y 34 productos de algas comestibles (Dawczynski *et al.*, 2007), encontraron que todas las especies analizadas contenían todos los aminoácidos esenciales. Los resultados obtenidos en estos estudios coinciden con los encontrados por Rosell y Srivastava 1987; Ortiz *et al.*, 2006 y Wong, 2000.

Aguilera-Morales *et al.* (2005) encontraron que en *Enteromorpha sp.*, 9 de los 10 aminoácidos esenciales en porcentaje de la proteína están presentes en mayor proporción que en la proteína de soya.

En el cuadro 4 podemos observar el perfil de aminoácidos de las algas *Spirulina platensis* y *Chlorella vulgaris* y de otras fuentes proteicas convencionales, cabe destacar que comparando ambas algas con la harina de pescado y la soya se puede apreciar que ambas algas presentan niveles superiores para leucina, valina y arginina; con respecto a lisina, la *Spirulina platensis* presenta niveles inferiores, mientras que la *Chlorella vulgaris* niveles superiores; con respecto a la isoleucina se puede observar niveles superiores en *Spirulina platensis* e inferiores en *Chlorella vulgaris*. (Becker, 2004)

Cuadro 4. Perfil de aminoácidos de diferentes algas en comparación con las fuentes de proteínas convencionales y el patrón de referencia de la OMS / FAO (g por 100 de proteína)

	Leu	Val	Arg	Lis	Ile
FAO	7	5		5.5	4
Huevos	8.8	7.2	3.2	5.3	6.6
Carne	7.8	5.3	6.6	8.2	5.1
Leche	9.2	5.7	3.3	7.8	4.3
Soya	7.7	5.3	7.4	6.4	5.3
Harina de pescado	4.48	2.77	3.82	4.71	2.66
<i>Chlorella vulgaris</i>	8.8	5.5	6.4	8.4	3.8
<i>Spirulina platensis</i>	9.8	7.1	7.3	4.8	6.7

Adaptado de Becker (2004), Fábregas y Herrero (1985)

Una comparación similar puede hacerse para las vitaminas, ya que las microalgas contienen altos niveles de vitaminas esenciales, como se demuestra en el Cuadro 5, donde se puede apreciar que los niveles de vitamina A de las algas *Clhorella vulgaris* y *Spirulina platensis* superan ampliamente a los alimentos comunes tales como la espinaca, el hígado y la levadura de pan. También se observa valores superiores de vitamina B1 y B2; con respecto a la vitamina B6 los niveles son superiores en *Clhorella vulgaris* e inferiores en *Spirulina platensis*, en comparación con el hígado y la espinaca. (Bereck, 2004).

Cuadro 5. Contenido de vitaminas de diferentes microalgas en comparación con los alimentos, valores en mg/Kg de materia seca

	Vit. A	Vit. B1	Vit. B2	Vit. B6	Vit. B12
Hígado	60	3	29	7	-
Espinacas	130	0.9	1.8	1.8	-
Levadura de pan	Trazas	7.1	16.5	21	-
<i>Clorella vulgaris</i>	480	10	36	23	-
<i>Spirulina platensis</i>	840	44	37	3	7

Adaptado de Becker (2004).

Para la especie *Ulva lactuca*, se ha reportado valores de 1.77, 6.33 y 5.14% para metionina, lisina y arginina respectivamente del total de aminoácidos presentes en el alga (Mai *et al.*, 1994). Peña-Rodríguez *et al.* (2010) reportaron un incremento de hasta 37% más metionina con respecto al total de aminoácidos en *U. clathrata* muestreada de un sistema de cultivo en estanque de camarón respecto a una proveniente de un sistema controlado de laboratorio. En este mismo estudio se observó que los aminoácidos esenciales más abundantes son arginina (6.09% a 7.29% de proteína), valina (4.20 a 5.55% de proteína) y leucina (4.53 a 5.35% de proteína).

En los lípidos solo representa del 1 al 5% de la materia seca del alga, y muestra una composición de ácidos grasos principalmente insaturados ricos en omega 3 y omega 6, los cuales juegan un papel crucial como componentes de fosfolípidos y como precursores de prostaglandinas en el camarón (Akiyama *et al.*, 1991). Los estudios realizados en

diversas algas confirman que la composición de ácidos grasos varía según la especie, área geográfica, la estación y las condiciones ambientales: luz, salinidad y temperatura (Levy et al.,1992; Floreto y Teshima, 1998).

La presencia de los ácidos grasos de las series omega 3 y omega 6 en las algas es de interés. En el caso particular de los omega 3, son muchos los beneficios que estos nutrimentos brindan al humano, por ello se ha buscado la manera de utilizar productos de origen animal (huevo, leche, carne de pollo, de res y de cerdo) como vehículos para hacer llegar al consumidor estos beneficios (Simopoulos, 1998).

La microalga *Nannoculata* es rica en n-3 PUFA, EPA y carotenoides, además de tener altos niveles de fosfolípidos en contraste con el aceite de pescado, el cual puede enriquecer la dieta de las aves para producir huevos enriquecidos con n-3 PUFA (Hammershoj, 1995). En el Cuadro 6 se observa las cantidades de ácidos grasos que presentan algunas algas

Cuadro 6 Contenido de ácidos grasos de tres algas

Acidos grasos	<i>Sargassum sp1</i> mg/100g	<i>Spirulina sp2</i> mg/kg	<i>Nannochloropsis</i> <i>sp3</i> mg g-1 peso <i>seco</i>
Ac.a-linoleico C 18:2	--	--	4.11
Ac Linoleico (18:2 ω6)	9.54 ± 0.62	--	
Ac. α-linolenico (18:3 ω3)(ALA)	11.63±0.54	--	0.23
Ac. Araquidónico (20:4 ω6)	19.17±1.51	--	7.45
Ac. Eicosapentaenoico (20:5 ω3) (EPA)	4.39±0.32	--	36.76
Ac. Docosahexaenoico (22:6 ω3)	0.46±0.12	--	---
PUFA		41.60	44.64

Elaboración propia. 1 Casas *et al.*(2006), 2 Kent *et al.* (2015), 3 Bruneel *et al.*(2013)

*Del total de lípidos. **db: base seca

La composición de carotenoides de las algas verdes es similar al de las plantas superiores: los principales carotenoides presentes son el B-caroteno, luteína, violaxantina, antheraxantina, zeaxantina y neoxantina (Burtin, 2003). La *Nannochloropsis sp.* contiene significantes niveles de carotenoides tales como violaxantina, zeaxantina y b-carotenos (Bruneel et al.,2013), los cuales fueron estudiados como fuente de pigmentos con valor comercial (Lubian *et al.*,2000). En el cuadro 7 se observa el contenido de pigmentantes en tres algas.

Cuadro 7. Composición de pigmentos de tres algas

Pigmentantes	<i>Spirulina</i>	<i>Nannochloropsis sp</i>	<i>Chlorella</i>
Total Clorofila	12.33	30.54	8.58
Total Carotenoides	1.45	8.57	1.17
Astaxantina	---	6.40	0.08
β -caroteno	0.92	0.67	0.19

*mg g-1 en peso seco. Kent *et al.*, 2015

En cuanto a la composición de minerales, Al Harti y El-Deek (2012) indican que las algas marrones contienen cantidades considerables de minerales traza que podrían satisfacer las necesidades de aves de corral sobre la base de las recomendaciones de NRC. En el Cuadro 8 se muestran la composición minerales de algunas algas.

Cuadro 8. Composición de minerales de tres algas

	<i>Sargassum sp1</i> mg/100g	<i>Lithothamnium calcareum2</i>	<i>Gracilaria vermiculophylla3</i> mg/kg
Sodio	2066.80 \pm 139.60	0.26%	--
Potasio	6800.40 \pm 192.10	0.01%	--
Calcio	500.70 \pm 37.60	32.5%	89,100
Magnesio	701.40 \pm 11.40	2.0%	3,260
Fósforo	44.90 \pm 3.00	0.03%	--
Manganeso	5.30 \pm 0.03	20 ppm	43,000
Zinc	0.98 \pm 0.04	11 ppm	790
Hierro	41.20 \pm 3.10	0.25%	19,000
Cobre	0.66 \pm 0.05	2 ppm	850
Plomo	0.20 \pm 0.02	---	--

Elaboración propia. 1 Casas *et al.*, 2006 2 Ramirez *et al.*, 2009. 3 Ozaky *et al.*, 2013

Por otro lado, Aguilera-Morales *et al.*, 2005 determinó que la *Enteromorpha sp.* tiene un contenido de calcio 28 veces más elevado que las espinacas y 26 veces más que el nopal (Morales de León *et al.*, 2000). En el caso del fósforo, *Enteromorpha sp.* contiene más de 30 veces la cantidad de cualquier vegetal común, por lo que esta alga es una buena fuente de fósforo y calcio.

2.2 Trabajos de investigación en algunas especies

Casas *et al.* (2006) realizaron un estudio para determinar la composición química de *Sargassum spp.* y evaluar el efecto de suplementar la ración con 25% del alga sobre el comportamiento productivo de cabras en crecimiento. En el cuadro 9 se puede observar la composición expresada en porcentajes de ambas dietas.

Cuadro 9. Composición (%) de las dietas testigo y experimental

Ingrediente	Testigo	Experimental
Maíz blanco	54.93	48.71
Salvado de trigo	19.54	9.38
Rastrojo de maíz	8.42	6.42
Alfalfa	8.42	6.42
Pasta de soya	6.10	3.35
Harina de pescado	2.58	----
Alga <i>Sargassum sp</i>	----	25.71
Total	100.00	100.00

Fuente: Casas, M. *et al.* 2006

El cuadro 10 nos muestra los aportes nutricionales de la dieta testigo y la dieta experimental (adicionando 25% de *Sargassum spp.*), donde se encontraron valores similares en la energía metabolizable, proteína cruda, fibra ácido detergente, fibra neutro detergente y hemicelulosa; mientras que los valores de los microelementos, tales como azufre, cobalto, hierro, selenio, calcio, fósforo, son superiores para la dieta experimental.

Cuadro 10 Resultados obtenidos con respecto a los aportes nutricionales de ambas dietas

Nutrimento	Test.	Exp.	Nutrimento	Test.	Exp.
EM (Mcal/kg)	2.62	2.62	Calcio(%)	0.035	0.14
ENm(Mcal/kg)	1.60	1.21	Fósforo (%)	0.050	0.38
ENg(Mcal/kg)	1.01	0.77	Metionina(%)	0.024	0.054
Prot.cruda (%)	13.47	13.47	Lisina (%)	0.058	0.130
Prot. Dig (%)	10.35	6.05	Magnesio (%)	0.026	0.017
Prot. Degradable (%)	7.43	4.57	Potasio (%)	0.180	0.071
Prot. Sobrepasante (%)	45.27	35.62	Sodio (%)	0.533	0.005
Fibra cruda (%)	9.15	6.44	Cloruros (%)	0.050	0.010
F.A.D (%)	8.16	8.90	Azufre (%)	0.010	0.018
F.N.D (%)	18.38	17.32	Cobalto (mg)	3.799	665.92
Legnina (%)	2.19	3.27	Hierro (mg)	486.94	927.53
Hemicelulosa (%)	8.60	7.25	Selenio (mg)	13.35	28.43
Materia seca (%)	88.08	89.81			

EM = Energía metabolizable, ENm= Energía neta de mantenimiento, Eng = Energía neta para ganancia de peso, FAD=Fibra ácido detergente, FND= Fibra neutro detergente
Fuente: Casas, M. *et al.* 2006

El cuadro 11 nos muestra la composición química de la harina del alga *Sargassum sp.* donde se puede evidenciar un alto contenido de material inorgánico y de carbohidratos y un bajo contenido de estrato etéreo. Además, son una excelente fuente de potasio, sodio, magnesio, calcio y de elementos trazas como el hierro cobre y zinc, buen aporte vitamínico, es una muy buena fuente de retinol y vitamina C (Casas *et al.*, 2006).

Cuadro 11. Valores nutricionales obtenidos de la harina de alga *Sargassum spp.*

Componente químico	g/100g
Humedad	11.17 ± 0.08
Cenizas	30.96 ± 0.27
Proteínas (Nx6.25)	7.70 ± 0.23
Extracto etéreo	1.97 ± 0.01
Fibra cruda	9.29 ± 0.43
Extracto libre de nitrógeno	38.91 ± 0.50
Fracciones de fibra	
F.N.D	21.01 ± 0.90
F.A.D	13.18 ± 1.06
Celulosa	7.52 ± 0.50
Hemicelulosa	7.82 ± 1.65
Lignina	7.00 ± 0.97
Lípidos totales – Ácidos grasos	mg/100g
Ácido linoleico	9.54 ± 0.62
Ácido araquidónico	19.17 ± 1.51
Ácido linolénico	11.63 ± 0.54
Ácido elcosapentaenoico	4.39 ± 0.32
Ácido docosahexaenoico	0.46 ± 0.12
Minerales	mg/100g
Sodio	2066.80 ± 139.60
Potasio	6800.40 ± 192.10
Calcio	500.70 ± 37.60
Magnesio	701.40 ± 11.40
Fósforo	44.90 ± 3.00
Manganeso	5.30 ± 0.03
Zinc	0.98 ± 0.04
Hierro	41.20 ± 3.10
Cobre	0.66 ± 0.05
Plomo	0.20 ± 0.02
Vitaminas	mg/100g
Colecalciferol	6.36
Tocoferol	17.25
Ácido ascórbico	46.25
Tiamina	0.17
Riboflavina	1.18
Retinol	821.5

Fuente: Casas M. *et al* 2006

En este estudio se pudo observar que el incremento en el consumo de la dieta que contenía el alga fue algo notable aunque no significativa ($p>0.05$) y coincide con lo observado por Al-Shorepy *et al.* (2001) en corderos suplementados con 1% de algas marinas. Esto puede atribuirse al hecho de que el alga estimula el consumo de alimento (Tierney y Atema, 1988), manteniendo las ganancias de peso similares a las de dietas convencionales. En este estudio se llegó a la conclusión de que el alga marina, *Sargassum spp.*, es un recurso natural muy abundante, que está disponible para su aprovechamiento sustentable en la alimentación de ganado caprino, debiendo recibir como tratamiento únicamente un secado al sol. Su buen valor nutricional hace de este recurso una alternativa para alimentar a este ganado principalmente durante las épocas de sequía. Este resultado se puede aplicar en aquellos países donde *Sargassum spp.* es muy abundante y presentan poca disponibilidad de forrajes de agostadero.

Cruz Suárez *et al.* (2008) evaluaron en camarones *L. vannamei*, tres alimentos con 3.3% harina de algas; *Ulva clathrata*, *Macrocystis pyrifera* y *Ascophyllum nodosum*. Encontraron que la inclusión de 3.3% de harina de *Ulva* en el alimento generaba mejores propiedades aglutinantes y un 17% más retención de agua que la inclusión de harinas de *Ascophyllum* y *Macrocystis*. En los camarones alimentados con la dieta con *Ulva* se observó un aumento aparente en el crecimiento con respecto a los camarones alimentados con dietas suplementadas con harinas de *Ascophyllum* y *Macrocystis*. La tasa de conversión alimenticia obtenida con un alimento con *Ulva* fue significativamente menor que la obtenida con *Macrocystis* y *Ascophyllum*, mientras que la eficiencia de retención de proteína del alimento con *Ulva* fue mayor que con las otras algas. Adicionalmente, los camarones que consumieron el alimento con *Ulva* resultaron con una mayor pigmentación después de un proceso de cocción.

Peña-Rodríguez *et al.* (2009), evaluaron el efecto del procesado del alimento, en dietas con *Ulva clathrata* a un nivel de inclusión de 3%. Se observaron diferencias en la estabilidad del alimento en el agua, disminuyó significativamente ($p<0.05$) la pérdida de materia seca y un aumento significativo ($p<0.05$) en la retención de agua cuando la *Ulva* era agregada antes del proceso de peletizado. Camarones *L. vannamei* alimentados con una dieta recubierta con *Ulva* fresca licuada, presentaron un aumento significativo en el crecimiento comparados con camarones alimentados con dietas donde la *Ulva* fue incluida antes de la peletización ($p<0.05$). En este trabajo se sugiere que el valor

nutricional de *Ulva* puede ser afectado por procesos térmicos como la peletización y el secado.

Cruz-Suarez *et al.* (2009, 2010) demostraron la capacidad del alga *U. clathrata* (como alimento vivo en co-cultivo) para sustituir un alimento comercial en la fase de engorda temprana del camarón *L. vannamei*, mediante combinaciones de raciones parciales de alimento artificial y co-cultivo con la *Ulva*. Se observó una disminución del uso de alimento comercial hasta en un 45%, produciendo un crecimiento 60% mayor y aportando además otros beneficios en el producto final. Se encontró una mejor pigmentación como resultado de una mayor deposición de astaxantina y carotenoides totales en los camarones. Otro efecto observado en este estudio, fue que a mayor cantidad de alimento artificial ofrecido, mayor fue el porcentaje de lípidos corporales en los camarones.

2.3 Trabajos de investigación en avicultura

2.3.1 Efecto sobre el nivel de colesterol y otros ácidos grasos

Si bien a nivel de salud humana el consumo de colesterol presente en los alimentos tiene poco efecto en el colesterol plasmático, aun así, muchas personas evitan o reducen el consumo de huevo, es por ello que se han realizado estudios para reducir el contenido de colesterol en el huevo, para que no represente un obstáculo para su consumo (Carrillo, 2012).

Ginzberg *et al.* (2000) probaron la influencia del alga roja *Porphyridium sp* en la reducción de niveles de colesterol y el cambio del perfil de ácidos grasos. Asimismo, emplearon dietas con 5 y 10% del alga en gallinas White Leghorn de 30 semanas de edad, observando la reducción de los niveles de colesterol en el suero en 11 y 28%, respectivamente al control. La fibra (polisacáridos sulfatados), presente en un 65% de la biomasa del alga, estaría reduciendo la absorción de colesterol a nivel intestinal. Además el contenido de ácido linoleico y araquidónico en la yema de huevo fue significativamente más alto (en 29% y 24% respectivamente) con respecto al control; esto se debe a la presencia de varios ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) que se encuentran en el alga *Porphyridium sp*.

Mariey *et al.* (2012) reportaron que hay reducción de colesterol en el plasma y en la yema a medida que se incrementaban los niveles de *Spirulina* (0.10, 0.15 y 0.20%) en la

dieta en dos líneas de gallinas (Sinai y Gimmizah). Estas variaciones confirman que la composición de la grasa en la yema y/o niveles de colesterol son afectados por la dieta, especialmente sobre el tipo de grasa (Ginzberg et al 2000). Por otro lado Carrillo *et al*, (2012) determinaron que concentraciones 4, 6, y 8% del alga *Sargassum spp.* en la dieta de gallinas Leghorn reduce significativamente los niveles de colesterol en el huevo e incrementa favorablemente el color de la yema. En el cuadro 12 se observa la composición de la dieta experimental y, en el cuadro 13, las concentraciones de colesterol en el huevo de acuerdo al tratamiento.

Cuadro 12. Composición de las dietas experimentales (%)

Ingredientes	0%AM	2%AM	4%AM	6%AM	8%AM
Sorgo	56.55	57.00	54.41	51.95	49.40
Soya	26.94	24.70	24.9	25.13	25.35
<i>Sargassum spp.</i>	0.00	2.00	4.00	6.00	8.00
Carbonato de calcio	9.95	9.80	9.61	9.45	9.27
Aceite de soya	3.82	3.94	4.47	5.01	5.56
Ortofosfato ¹	1.64	1.66	1.66	1.70	1.71
Metionina	0.16	0.16	0.12	0.08	0.04
Sal (ClNa)	0.46	----	----	----	----
L-lisina HCL	0.08	0.44	0.44	0.46	0.46
Vitamina premezclada ²	0.10	0.10	0.10	0.01	0.01
Micoad (klin-sil) ³	0.10	0.01	0.10	0.01	0.01
Avelut polvo 15 ⁴	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Mineral premezcla ⁵	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Cloruro de colina 60	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Avered ⁶	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
IQ ⁷	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Furacyl ⁸	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Total	100	100	100	100	100

1 Ortofosfato de calcio P 21% min, Ca 13% min, FO. 21% max. 2 Vitaminas por Kg: 10 000 000 UI vit. A, 30 000 000 UI, vit. D, 20 000 UI vit. E, 2500g, vit. K, 2500g, vit. B1 5g, vit. B2, 35g, niacina; 10g, D-ácido panto-ténico; 4g, piridoxina; 1g, ácido fólico, 10mg, Vit. B12; 200mg, biotina. 3 Secuestrante de micotoxinas. 4 Xantófilas saponificadas obtenidas a partir de la flor de cempasuchitl (amarillo 15ppm). 5 Premezcla mineral (mg/kg de la dieta): magnesio 120, zinc 100, hierro 120, cobre 12, yodo 0.7, selenio 0.4, cobalto 0.2. 6 Xantófilas rojas (Cantaxantina 10ppm). 7 Antioxidante. 8 Furazolidona-bacitracina-zinc
Fuente Carrillo *et al*, (2012)

Cuadro 13. Concentración de colesterol en el huevo de gallinas alimentadas con diferentes niveles de inclusión de las algas *Sargassum spp.* en su dieta durante un período de cinco semanas

Alga %	Colesterol(mg 100g ⁻¹)
0	416.28a ± 4.09
2	396.77a ± 4.11 (5%)
4	363.35b ± 3.57 (13%)
6	309.05c ± 3.19 (26%)
8	338.76b ± 3.33 (19%)

a,b,c Literales distintas en cada columna indican diferencia significativa (P<0.05)

El alga marina *Sargassum spp.* al 6 % en dietas para gallinas en producción reduce el contenido de colesterol en huevo, sin afectar la calidad física del huevo. La presencia de esteroides y polisacáridos en el alga podría explicar que gran parte del colesterol eliminado haya sido reemplazado por otro tipo de esteroides provenientes de las algas como el ergosterol, condrosterol y fucosterol. (Carrillo, 2012)

Guevara (2013) realizó un estudio en nuestro país, empleó *Ulva spp.* como ingrediente en dietas de gallinas ponedoras Hy Line Brown W-36 desde las 28 -33 semanas, formuló dos dietas: una dieta control (sin harina del alga) y la dieta experimental (con 5% de la harina de alga), no encontró cambios en los niveles de colesterol, sin embargo se encontró ácido docosapentaenoico (DPA) a una concentración de 100mg/100g yema, sin afectar las características sensoriales de la yema. La presencia de DPA, está relacionada con la aceptabilidad por los consumidores, pues, según De Blas *et al.* (2005), el mayor efecto del DPA sobre otros ácidos grasos n-3, contribuiría a explicar el menor efecto sobre la calidad sensorial de la suplementación con algas con respecto a la de los aceites de pescado.

Lemahieu *et al.* (2013) probaron 4 diferentes microalgas autotróficas ricas en omega-3 como *Phaeodactylum tricornutum*, *Nannochloropsis oculata*, *Isochrysis galbana* y *Chlorella fusca* suplementadas en gallinas ISA Brown para incrementar los niveles de ácidos grasos poliinsaturados omega-3 de cadena corta (n-3 LC-PUFA) en la yema de huevo, las aves fueron suplementadas 125 mg y 250mg extra N-3 PUFA por 100 g de alimento, para conseguir esas concentraciones. Los niveles añadidos de microalgas variaron entre 2.5% y 8.6%. Los resultados fueron el incremento de diferentes niveles de n-3 LC PUFA, mayormente de ácido docosahexaenoico (DHA) en la yema, solo la

suplementación de la *Chlorella* produjo una subida mayormente de ácido alfa-linoleico. La más alta eficiencia de enriquecimiento de n-3 LC PUFA fue obtenida por la suplementación de *Phaeodactylum* e *Isochrysis*, además el color de la yema cambió de amarillo a un más intenso color rojo con la suplementación de *Phaeodactylum*, *Nannochloropsis* e *Isochrysis*, debido a la transferencia de carotenoides de las microalgas al huevo. Estas microalgas autótrofas ricas en omega-3 ofrecen alternativas como fuentes de n-3 LC PUFA para incrementar los niveles de ácidos grasos en el huevo; sin embargo, el cambio de color de la yema podría disminuir la aceptabilidad de los consumidores.

En salud humana el n-3 LC-PUFA juega un rol importante en la prevención y tratamiento de enfermedades crónicas severas, tales como desórdenes neurológicos, cáncer, obesidad y enfermedades inflamatorias y diabetes mellitus; su consumo en madres gestantes baja los riesgos de partos prematuros y bajo peso al nacimiento, mientras que el DHA es crítico para el crecimiento fetal y desarrollo visual y funciones cognitivas (Gogus *et al.*,2010).

2.3.2 Efecto sobre la pigmentación

Estudios han demostrado que el uso de algunas algas incrementa el color de la yema como lo demuestran Bezares *et al.*(1977) que al aplicar en la dieta para gallinas Leghorn Blanca de 30 semanas, dosis 0, 2.5, 5, 7.5 y 10% de *spirulina* en reemplazo a la torta de soya, la pigmentación incrementó en 8.8, 13.2, 14, 15.3 y 15.5 respectivamente usando el abanico colorimétrico de Roche, no afectando los parámetros productivos, sin embargo, la principal limitante fue que niveles con 7.5 y 10% obtuvo coloración muy intensa en la yema de huevo desde el punto de vista de aceptación en el mercado, mientras que en un segundo experimento aplicando dosis 0, 1, 2, 3, 4 y 5 en reemplazo de la harina de ajonjolí obtuvieron una pigmentación de 14.4, 6.7, 10.2, 12, 13.2 y 14.1 respectivamente, considerando que el uso de dosis de 2-3% proporciona a la yema coloraciones aceptables al mercado. Del mismo modo, Zahroojian *et al.* (2011) determinaron que dosis al 2.5% *Spirulina platensis* puede ser utilizada como reemplazo al pigmento comercial en gallinas Hy-line W36 sin afectar sus parámetros productivos (Fig 2).

En algas *Porphyridium spp.* las dosis de 5% y 10% en la dieta obtuvieron yemas más oscuras con respecto al control relacionado a la presencia de carotenoides (9.8 ± 0.3 y 4.1 ± 0.5 ug carotenoides por g-1 yema respectivamente) (Ginzberg *et al.*, 2000).

Halle *et al* (2009) reportaron que los huevos puestos de gallinas *Lohmann Brown* de todos los grupos (2.5g, 5.0 y 7.5g por kg) del alga *Chlorella vulgaris* secada por pulverización (SD) o molida y luego secada por pulverización (BM-SD) en el tercer mes tuvieron más intensidad de color de la yema que el grupo que los huevos puestos 3 meses después; la medición de color se realizó con el Abanico de color de yema Roche.

Por otro lado, Kotrbáček *et al.* (2013) suplementaron con la biomasa de *Chlorella* en 1 y 2%, y observaron un aumento en un 46% y 199% respectivamente de la concentración de carotenoides de las yemas de huevo de gallinas Hisex Brown. La luteína y la zeaxantina representaron el 90% del total de carotenoides de la yema. (Cuadro 14).

Cuadro 14 Promedio de carotenoides contenidos en la yema de huevo (media \pm SD; $\mu\text{g/kg}$) durante el experimento

	C	P1	P2
Total carotenoids	17.33 \pm 1.218c	25.30 \pm 2.827b	37.90 \pm 6.008 ^a
Lutein	7.09 \pm 0.861c	10.72 \pm 1.686b	15.43 \pm 3.289 ^a
Zeaxanthin	7.09 \pm 0.247c	10.44 \pm 0.819b	15.94 \pm 2.145 ^a
β -carotene	1.07 \pm 0.142c	1.47 \pm 0.281b	2.12 \pm 0.453 ^a
cis-Zeaxanthin	0.69 \pm 0.030c	1.00 \pm 0.139b	1.89 \pm 0.358 ^a
cis-Lutein	0.85 \pm 0.170c	1.20 \pm 0.159b	1.55 \pm 0.161 ^a
X carotenoids	0.46 \pm 0.034c	0.77 \pm 0.092b	0.97 \pm 0.130 ^a

C = grupo control, P1 y P2 = grupos tratamiento. Valores a, b c en las filas con diferentes letras difiere significativamente.

Fuente Kotrbáček *et al.* (2013)

Carrillo (2012) reportó que el color de yema mostró un incremento significativo favorable con los niveles de 4, 6 y 8 % de *Sargassum*, atribuidos posiblemente a la presencia de luteína, zeaxantina y fucoxantina, carotenoides presentes comúnmente en estas algas pardas.

Guevara (2013), aplicando *Ulva spp.* al 5% de la harina de alga como ingrediente en dietas de gallinas ponedoras Hy Line Brown W-36, mejoró el color de la yema en 2 puntos utilizando el Abanico de color de yema Roche, el cual es un estándar para medir el color de la yema de manera rutinaria y confiable.

La propiedades pigmentantes de la *Spirulina* fueron medidas sobre la piel y grasa, abdominal, utilizando la escala de color estándar para la piel de la Seabdar Farms, en pollonas de engorde White Phymouth , Rock x Cornish administrando 1% de *spirulina* en las semanas 1, 7, 14, 21, 28, 35 durante una semana y retirándola posteriormente, se empleó; además de un grupo control y otro grupo que consumió la *Spirulina* en la dieta durante 42 días, los resultados mostraron que adicionándola en la penúltima y última semana (duración 7 semanas) durante 7 días, se obtenían pigmentaciones deseadas en la piel y grasa abdominal, mientras que los otros grupos una vez retirada la dietas, los niveles de pigmentación descendían una semana después (Valdivie, 2001).

Mientras que Toyomizu *et al*, (2001) determinaron a través de un espectrocolorímetro el enrojecimiento de los músculos de pectorales superficiales y profundos, músculo sartorio de pollos broilers que se alimentaron con dietas que incluían *Spirulina* en dosis de 40g/kg de la ración (4%). Mora (2012) en su estudio confirma la presentación de pigmentación en la piel con dosis de 5% de *spirulina* sin dejar atrás a los niveles de 1 y 3% con respecto al control. Lo cual puede ser favorable para un mercado que demanda pollos pigmentados.

Mora (2012) observó en pollos de carne aumento de la pigmentación de las patas cuando empleó diferentes dosis de *Spirulina* (1,3 y 5%) siendo el 5% mayor (Fig 2).

2.3.3 Efecto en parámetros productivos y reproductivos

Carrillo *et al*. (1990) incluyeron el alga marina *Macrosystis pyrifera* desecadas al sol en niveles de 0, 5, 10 y 15% de la ración de pollos Arbor Acres. no se encontraron diferencias significativas en el consumo de alimento, a medida que aumentaba los niveles. Sin embargo se presentaron menores ganancias de peso y las conversiones fueron mayores para los niveles 0 y 5%.

Los resultados al evaluar la *Spirulina* en la alimentación de pollos broiler con 4 dietas: D1: balanceado D2: balanceado + 1% de *Spirulina* D3: balanceado + 3% de *Spirulina* D4: balanceado + 5% de *Spirulina*, la mejor dieta en cuanto a ganancia de peso fue la dieta D4 de *Spirulina* con un promedio 3055,88 gr. El último lugar ocupó la dieta D1 con

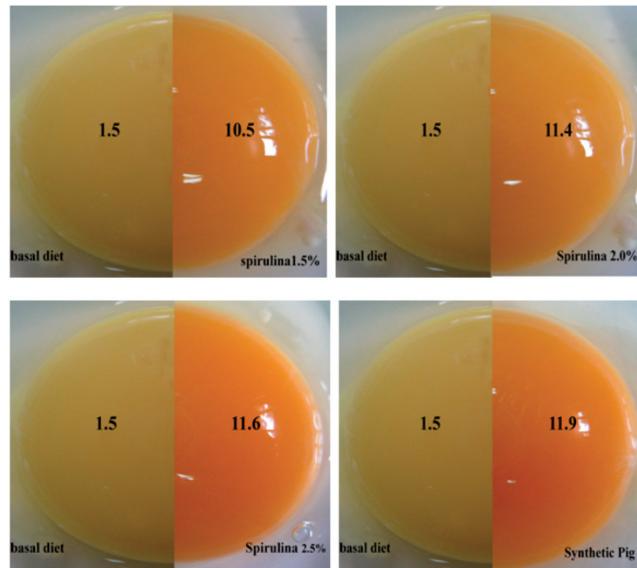


Figura 2. Comparación del color de la yema de huevo del grupo control con diferentes adiciones de *Spirulina* y un pigmentante sintético, usando el abanico de color BASF



Figura 3. Observación del color de las patas del grupo control con diferentes adiciones de *Spirulina*

un promedio de 2722,27 gr. En la conversión alimenticia se logró una mejor conversión en las dietas D4 con 1.892, D2 con 1.929, D3 con 2.040, a comparación de la dieta D1 con 2,123, siendo que la cantidad de alimento consumido fue el mismo variando el porcentaje de *Spirulina* (Mora, 2012).

El empleo del alga marina marrón (*Sargassum dentifebium*) en gallinas de postura de la línea Hy-line en proporciones 0, 3 y 6% de la ración, mostró que al 3% secadas al sol o autoclavadas no presentaron efectos adversos en cuanto al performance de postura, mientras que los tratamientos al 6% de las algas secadas por autoclave suplementadas con enzimas mejoraba el performance productivo y mejoraba la calidad de la cáscara del huevo (Al-Harhi *et al.*, 2011).

En gallinas Hy line W36 alimentadas con tres niveles de *Spirulina* (1.5, 2.0 y 2.5%) y un control, no mostraron diferencias en cuanto a producción de huevos, consumo, índice de conversión, peso del huevo, unidades haugh, grosor de cáscara, peso de la yema, gravedad específica y colesterol de la yema, (Zahroojian *et al.*, 2013).

En gallinas Lohmann Brown, el empleo de microalgas verdes, *Chlorella vulgaris*, no afectó la intensidad de postura, peso del huevo producción de masa del huevo y la conversión alimenticia, así como rendimiento de la eclosión, en las dosis de 2.5, 5.0 y 7.5g por kg, sin embargo, la yema tiende a ser más pesada en dosis 5 y 7.5g SD y BM-SD y 2.5g BM, lo cual puede ser utilizado como suplemento dietético. (Halle *et al.* 2009)

Mariey *et al* 2012, determinaron el efecto de cuatro niveles (0, 0.10, 0.15 y 0.20%) de alga *Spirulina platensis* en dos líneas de gallinas, Sinai y Gimmizah, determinando en diferencia significativa de porcentaje de producción, masa diaria de huevo y conversión alimenticia que el grupo control, mientras que Zahroojian *et al.*(2013) observaron que los niveles (1.5, 2.0 y 2.5%) en dietas de gallinas Hyline W36 frente al control, no mostraron diferencias en cuanto a producción de huevos, consumo, índice de conversión, peso del huevo, unidades haugh, grosor de cascara, peso de la yema, gravedad específica y colesterol de la yema frente al grupo control.

Mariey *et al.*, (2012) no observaron diferencias en cuanto a la pérdida de peso del huevo o peso del pollito al nacimiento, mientras que la fertilidad y porcentajes de nacimiento de huevos producidos por aves alimentadas con dietas conteniendo *Spirulina* (0.10, 0.15 y 0.20%) fue significativamente superior que el grupo control. La *Spirulina*

puede ser usada de forma segura en dietas de gallinas de postura con un efecto superior en su performance productivo y reproductivo. No se encontraron efectos desfavorables en la prueba de olor y sabor en huevos frescos y almacenados, en dosis 0.20% de *Spirulina* en la dieta. Se evita los efectos indeseables de cambios en las características organolépticas que producen los insumos marinos tales como la harina de pescado y pueden favorecer la salud humana (Ginzberg, 2000; Mariey *et al.*, 2012).

Se emplearon diferentes concentraciones (0.3%, 0.6%, 0.9% y 1.2%) de extracto de algas marinas en pollos Cobb, en la concentración de 1.2%, se observó a los 28 días, disminución de la grasa abdominal, además que el rendimiento de piernas fue más alto, mejoró el desenvolvimiento de la región de la cripta del duodeno y yeyuno, sin embargo, a medida que aumentan los niveles de extracto de algas, se observó rompimiento de la fibra del músculo pectoral por la menor absorción de alga en el músculo afectando la textura. No se observaron alteraciones en cuanto al consumo de alimento y conversión alimenticia (Gonçalves, 2015).

2.3.4 Empleo como fuente de minerales

Como fuente alternativa de calcio (caliza) se estudiaron las algas *Lithothamnium calcareum* colectadas con dos técnicas (manual y aspiración mecánica) en dietas de pollos de carne de la línea Cobb, no encontrándose variaciones en el desempeño, lo cual podría ser utilizada en la ración. (Carreira *et al.*, 2011). Mientras que empleando el *Lithothamnium calcareum* en dietas para codornices japonesas al 0.25% y 0.5% y/o monofosfato monoamónico, presentaron peso de yema superior al grupo control. (Melo *y col.*, 2008).

2.3.5 Eficiencia Económica

Mariey *et al.*, (2012) mostraron la eficiencia de la dieta con *Spirulina* frente al grupo control (cuadro 15). Las aves alimentadas con 0.2% *Spirulina* tuvieron una alta eficiencia económica (63.8%) mientras que fue baja en el grupo control (31.4%). Analizando el efecto de la gallina la raza Sinia presentó mayor eficiencia económica que la gallina Gimmizah.

Cuadro 15 Eficiencia económica de las gallinas de postura Sinai y Gimmizah afectadas por el tratamiento en la dieta

Item	Niveles de <i>Spirulina</i>				Línea	
	0%	0.1%	0.15%	0.2%	Sinia	Gimmizah
Costo alimento/gallina/día (L.E)	0.239	0.238	0.235	0.232	0.225	0.247
No. de huevos/gallina/día (L.E)	0.523	0.603	0.618	0.633	0.630	0.558
Total ingresos/gallina/día	0.314	0.362	0.371	0.380	0.378	0.335
Ingresos netos/gallina/día (L.E)	0.075	0.127	0.136	0.148	0.153	.0.088
Eficiencia económica (%)	31.4%	52.1%	57.9%	63.8%	68.0%	35.6%

Costo de alimento/gallina (L.E) = alimento ingerido/gallina día x precio de kg alimento

Total ingreso/gallina (L.E) = No. de huevos/gallina/día (L.E) × precio de un huevo al momento del experimento =0.60 L.E

L.E. = libra egipcia.

Independientemente del efecto de la inclusión en la dieta de *Spirulina*, las gallinas *Gimmizah* consumen significativamente más (118,3g/gallina) que las gallinas Sinai (108g/gallina). Mientras tanto, las aves Sinai tuvieron más alto rendimiento de producción de huevos y significativamente ($P < 0.05$) mejor índice de conversión que las de gallinas *Gimmizah*. Es evidente el efecto por tipo de gallina. (Mariey *et al.*, 2012)

Mora (2012), determinó los costos de producción en pollos de carne según la dieta de investigación como se observa en el cuadro 16.

Los costos de producción de este proyecto fueron elevados, pero se debe tomar en cuenta que en Ecuador la producción de *Spirulina* se encuentra monopolizada por una sola empresa que se dedica a la producción. Sin embargo los resultados obtenidos en la reducción del tiempo de producción de los pollos y una ganancia de peso más rápido y por ende la salida de las parvadas en menor tiempo fueron observados en las dietas con 5% de *Spirulina* seguido de los grupos 3% y 1% de *Spirulina* a diferencia del grupo control, donde la ganancia de peso es más lenta que las otras dietas (Mora, 2012).

Cuadro 16. Costo de producción por dieta

1Costo expresado en dólares de 50 pollos.

2 D2 Costo de 2823.22 g de harina de *Spirulina* expresado en dólares

D3 Costo de 8431.85 g de harina de *Spirulina* expresado en dólares

D4 Costo de 13510.97 g de harina de *Spirulina* expresado en dólares

Fuente Mora (2012)

	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4
Pollo bb ¹	27.5	27.5	27.5	27.5
Balanceado Preinicial	4.23	4.19	4.10	4.02
Balanceado Inicial	53.97	53.43	52.35	59.78
Balanceado Crecimiento	103.44	103.96	101.1	102.53
Spirulina ²		70.75	211	338.25
Vitaminas Sabisol	2.25	2.25	2.25	2.25
Vacuna gumboro	1.00	1.00	1.00	1.00
Vacuna Newcastle	1.00	1.00	1.00	1.00
Desinfectantes	5.00	5.00	5.00	5.00
Antibiotico Novabroncol	2.00	2.00	2.00	2.00
Malla	22.5	22.5	22.5	22.5
Gas	2.87	2.87	2.87	2.87
TOTAL \$	225.76	296.45	432.67	568.70

2.4 Ventajas

En general las algas que han sido utilizadas en la alimentación animal, especialmente de las aves, han dado buenos resultados, debido a que poseen compuestos únicos o difíciles de encontrar en otras fuentes dietarias. Son abundantes, saludables, escasamente aprovechadas y algunas se prestan bien al cultivo controlado, están llenas de cualidades que ofrecen enormes oportunidades para la explotación, no necesitan fertilizantes, ni agua potable, ni pesticidas y requieren, en promedio, solo una sexta parte de la superficie que necesitan los cultivos terrestres (Tortora *et al.*, 2007).

La presencia de ácidos grasos de las series omega 3 y omega 6 en las algas es de interés. En el caso particular de los omega 3, son muchos los beneficios que estos nutrimentos brindan al humano, por ello se ha buscado la manera de utilizar productos de origen animal (huevo, leche, carne de pollo, de res y de cerdo) como vehículos para hacer llegar al consumidor estos beneficios (Simopoulos, 1998); además, los niveles de PUFA en la yema de huevo pueden ser modificados por la alimentación de la gallina de postura. (Baucells, 2000).

Los ácidos grasos esenciales de la serie n-6 sobre todo ácido linoleico (AL) y ácido araquidónico (AA), así como los de la serie n-3, de los cuales los más importantes son el ácido α linolénico (ALA), ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docohexaenoico (DHA), son esenciales para el desarrollo y el crecimiento, siendo claves en la prevención y manejo de enfermedad coronaria, hipertensión, diabetes, artritis, cáncer y otras condiciones inflamatorias y autoinmunes (Simopoulos, 1998). Lo cual la importancia de obtener huevos enriquecidos que puedan contribuir a la salud humana.

Las propiedades pigmentantes aparte de mejorar la apariencia que requiere el mercado en las yemas, es la presencia de ciertos carotenoides que también son importantes en salud de la visión humana como es la luteína y zeaxantina, las cuales pueden aumentar su valor nutricional del huevo y ser considerados alimentos funcionales (Bedecarrats y Leeson, 2006). El interés de ambas xantofilas, que son denominadas pigmentos maculares, quienes protegen la retina. Varios estudios evaluaron la asociación entre la ingesta nutricional de la luteína y la protección de la visión contra la degeneración macular relacionada con la edad (Vishwanathan *et al.*, 2009) Adicional a ello sus efectos antioxidantes son significativos en relación con las enfermedades cardiovasculares

(Ribaya *et al.*, 2004), el alto contenido de luteína y zeaxantina en la yema puede aumentar su valor nutricional y pueden ser considerados alimentos funcionales (Bedecarrats y Leeson, 2006).

2.5 Desventajas

Las condiciones ambientales influyen de manera directa el contenido de proteína, carbohidratos, lípidos, fibra, ceniza y nitrógeno (Marinho-Soriano *et al.*, 2006; Cruz-Suárez *et al.*, 2009) llegando a establecer que la temperatura, irradiación y nutrientes en el agua son los principales factores que determinan su desarrollo (Kain y Norton, 1990). Sin embargo, las variaciones en composiciones también pueden ser observadas en insumos convencionales.

El precio podría ser inicialmente una desventaja que encontró Mora (2012), no así el estudio Mariey *et al.* (2012), este escenario se modificarse en cuanto aumente la importancia de la industria de las algas.

En avicultura, la adición del 5 a 10% de algas en la alimentación se puede brindar de manera segura (El-Deek *et al.*, 1985), pero su uso en concentraciones altas por largos periodos produce efectos adversos en los parámetros productivos de las aves, tales como menor ganancia de peso (Carrillo *et al.*, 1990).

III. CONCLUSIONES

- El uso de las algas es aplicable para la pigmentación de la yema de huevo y emplearse como alternativa a pigmentos sintéticos
- En pollos de carne afecta más en la pigmentación de piel y patas, mas no en los parámetros productivos
- Es importante como fuente de ácidos grasos de ácidos grasos insaturados, entre los que destacan los ácidos grasos omega - 3. que se depositan en la yema y puede contribuir a la obtención de huevos enriquecidos para mejorar la salud humana
- Los efectos indeseables en las características organolépticas que producen los insumos marinos tales como la harina de pescado pueden ser mejoradas con adición de los niveles adecuados de algas marinas, para obtener un subproducto enriquecido

IV. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios de las algas bajo las condiciones de crianza y en diferentes líneas de aves en nuestro medio para determinar los beneficios

V REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Aguilera-Morales M, Casas-Valdez M, Carrillo-Domínguez S, González-Acosta B and Pérez-Gil F. 2005. Chemical composition and microbiological assays of marine algae *Enteromorpha* spp. as a potential food source. *Journal of food composition and analysis* 18:79-88.
2. Akiyama DM, Dominy WG, Lawrence AL. 1991. Penaeid Shrimp Nutrition for the commercial Feed Industry: revised. In: Akiyama, D.M. & Tan (Ed.), *Proceedings of the aquaculture feed processing and nutrition workshop*. American Soybean Association, Singapore, pp. 80-98.
3. Al-Harthi AM, El-Deek AA. 2012. Nutrient profiles of brown marine algae (*Sargassum dentifolium*) as affected by different processing methods for chickens. *Journal of Food Agriculture & Environment* 10(1):475-480.
4. Al-Harthi AM, El-Deek AA. 2011. The effects of preparing methods and enzyme supplementation on the utilization of brown marine algae (*Sargassum dentifolium*) meal in the diet of laying hens. *Italian Journal of Animal Science* 2011; volume 10(48):195-203
5. Al-Shorepy SA, Alhadrami GA, Jamali IA. 2001. Effect of feeding diet containing seaweed on weight gain and carcass characteristics of indigenous lambs in the United Arab Emirates. *Small Rum. Res.* 41: 283-287.
6. Alvarez R, Sierra L. 2009. Comparación bromatológica de las algas nativas (*Gracilariopsis tenuifrons*, *Sargassum filipendula*) y exóticas (*Kappaphycus alvarezii*) del Caribe colombiano. *Boletín científico Centro de Museos, Museo de historia natural*. Vol 13 N° 2. Julio - diciembre 2009

7. Arasaki A, Arasaki T. 1983. Low calories, high nutrition. Vegetables from sea to help you look and feel better. Japan publications. p 39-42.
8. Assaf S. 1989. Regulation of fatty acid composition by irradiance level in the Eustigmatophyte *Nannochloropsis* sp. *Journal of Phycology* 25(4):686-692
9. Becker W. 2004. Microalgae in human and animal nutrition. In: A. Richmond (ed.) *Handbook of microalgal culture*. Blackwell. Publ., Oxford, UK, pp 312- 351.
10. Bedecarrats GY, Leeson S. 2006. Dietary lutein influences immune response in laying hens. *Journal of Applied Poultry Research* 15:183–189
11. Bezares A, Arteaga C, Avila E. 1976. Valor pigmentante y nutritivo del alga espirulina en dietas para gallinas en postura. *Tecnica Pecuaria Mexico* .30:30-34
12. Baucells MD, Crespo N, Barroeta AC, López-Ferrer S, Grashorn MA. 2000. Incorporation of different polyunsaturated fatty acids into eggs. *Poultry Science*. 79(1):51–59.
13. Bird CJ, McLachlan J, Oliveira EC. 1987. *Gracilaria chilensis* sp. Nov. (Rhodophyta, Gigartinales), from Pacific South America. *Canadian Journal Botany* 64:2928-2934
14. Brandalize V. 2015. COBB La Evolución en el Consumo de Carne de Pollo. XXIV Congreso Latinoamericano de Avicultura 2015. [Internet] [15 marzo de 2016]. Disponible en: <https://avicultura2015.com/cobb-la-evolucion-en-el-consumo-de-carne-de-pollo/>
15. Bruneel Ch, Lemahieu Ch, Fraeye I, Ryckebosch E, Muylaert K, Buyse J, Foubert I. 2013. Impact of microalgal feed supplementation on omega-3 fatty acid enrichment of hen eggs. *Journal of Functional Food* 5:897-904.
16. Bohlin K. 1987. Zur Morphologie und Biologie einzelliger Algen. Öfversigt af Kongliga [Svenska] Vetenskadademiens Förhanligar, Stockholm 54: 507-529
17. Burtin P. 2003. Nutritional value of seaweeds. *Electron. J. Environ. Agric. Food Chem*. 2(4):498-503
18. Carefoot TH. 1973. Feeding, food preference, and the uptake of food energy by the supralittoral isopod *Ligia pallasii*. *Marine Biology* 18:228–236.
19. Carreira CA, Kazue SN, Freitas PS. 2011. Use of algae *Lithothamnium calcareum* as alternative source of calcium in diets for broiler chickens. *Cienc. Agrotec. Lavras*. 35(4):833-839.

20. Carrillo DA, Casas VM, Castro GM, Gil RF, Garcia VR. 1990. Empleo del alga marina *Macrocystis pyrifera* en dieta para pollos de carne. *Investigación Agraria. Producción y Sanidad Animal*. 5(3):137-142
21. Carrillo S, Castro MI, Pérez-Gil F, Rosales E, Manzano RE. 1992. The seaweed (*Sargassum sinicola* Setchell & Gardner) as an alternative for animal feeding. *Cuban J. Agric. Sci*. 26: 177-181.
22. Carrillo S, Bahena A, Casas M, Carranco ME. 2012. El alga *Sargassum* spp. como alternativa para reducir el contenido de colesterol en el huevo. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 46, Número 2, pag 181-186.
23. Casas VM, Hernández CH, Álvarez A, Águila RR, Hernández GC, Sánchez RI, Carrillo DS. 2006. El alga marina *Sargassum* (*Sargassaceae*): una alternativa tropical para la alimentación de ganado caprino. *Revista de Biología Tropical* 54(1):83-92.
24. Castro MI, Carrillo S, Pérez F. 1994. Chemical composition of *Macrocystis pyrifera* (giant sargazo) collected in summer and winter and its possible use in animal feeding. *Cienc. Mar*. 20:33.
25. Chapman VJ and Chapman DJ. 1980. Seaweeds and their uses. In: Chapman and Hall, Third edition. London. 334 p.
26. Chojnacka K, Saeid A, Michalak I. 2012. The possibilities of the application of algal biomass in the agriculture. *CHEMIK* 66(11):1235-1248
27. Cruz-Suárez LE, Tapia-Salazar M, Nieto-López MG, Guajardo-Barbosa C, Ricque-Marie D. 2008. Comparison of *Ulva clathrata* and the kelps *Macrocystis pyrifera* and *Ascophyllum nodosum* as ingredients in shrimp feeds. *Aquaculture Nutrition* 15:421-430.
28. Cruz-Suárez LE, Tapia-Salazar M, Nieto-López MG, Ricque-Marie D. 2009. Use of seaweeds for shrimp nutrition: status and potential. The rising tide. Proceedings of the special session on sustainable shrimp farming. Edited by: Craig L. Browdy and Darryl E. Jory. World Aquaculture Society. USA. p. 131-147.
29. Cruz-Suárez LE, León A, Peña-Rodríguez A, Rodríguez-Peña G, Moll B, Ricque-Marie D. 2010. Shrimp/*Ulva* co-culture: a sustainable alternative to diminish the need for artificial feed and improve shrimp quality. *Aquaculture* 301(1-4):64-68.
30. Dawczynski, C, Schubert R. y Jahreis G. 2007. Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products. *Food Chemistry* 103: 891-899.
31. De Blas C, Álvarez C, Cachaldora P, García P, Méndez, J. 2005A. Calidad sensorial de huevos y carne de aves enriquecidos en ácidos grasos omega-3 y ácido linoleico

- conjugado. En: XXI Curso de especialización FEDNA. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Producción Animal, 2005. p. 15-34.
32. Fabregas J. and C. Herrero. 1985. Marine microalgae as a potential source of single cell protein (SCP). *Applied Microbiology and Biotechnology* 23(2): 110-113.
 33. Fernández A. Agrinews. 18 de marzo 2014. [Internet], [28 marzo 2016]. Disponible en: <http://agrinews.es/2014/03/18/las-microalgas-y-su-aplicacion-en-avicultura/>
 34. Floreto EAT, Teshima S. 1998. The fatty acid composition of seaweeds exposed to different levels of light intensity and salinity. *Botánica Marina* 41: 467 – 481.
 35. Foster GG, Hodson AN. 1998. Consumption and apparent dry matter digestibility of six intertidal macroalgae by *Turbo sarmaticus* (*Mollusca: Vetigastropoda: Turbinidae*). *Aquaculture* 167:221-227.
 36. Ganzon-Fortes ET, Campos RR, Udarbe J. 1993. The use of Philippine seaweeds in agricultura. *Appl. Phycol. Forum* 10:6-7
 37. García JT, Hernández RY, Valdés IO, Menéndez R. 2010. Las algas marinas: fuente de nutrición y salud. *Medio Ambiente y Desarrollo*. [Internet], [15 enero 2016] Disponible en: <http://ama.redciencia.cu/articulos/19.07.pdf>
 38. Garrido FD, Parada VR. 2008. Propiedades antioxidantes y funcionales de cinco algas chilenas sobre la calidad de pasta de salmón. Memoria para optar el título de Ingeniero de Alimentos. Santiago de Chile: Universidad de Chile. 109 p.
 39. Guiry M, Guiry G .2007. Algae version 4.2 World-wide electronic publication. National University of Ireland . Galway. [Internet], [18 agosto 2016] Disponible en: <http://www.algaebase.org>
 40. Ginzberg A, Cohen M, Sod-Moriah UA, Shany S. Rosenshtrauch A, Arad S. 2000. Chickens fed with biomass of the red microalga *Porphyridium* sp. Have reduced blood cholesterol level and modified fatty acid composition in egg yolk. *Journal of Applied Phycology* 12: 325–330.
 41. Gogus U, Smith C. 2010. N-3 Omega fatty acids: A review of current knowledge. *International Journal of Food Science & Technology*. 45(3): 417–436
 42. González GJ. 1987. Las algas de México. *Revista Ciencias*. [Internet], [28 febrero 2016] Disponible en: <http://www.ejournal.unam.mx/cns/no10/CNS01003.pdf>

43. Gonzáles S. 2004. Un museo de algas marinas. Un mar de cosas por explorar. Guía práctica para la enseñanza y divulgación de las ciencias del mar. Proyecto Explora. ED5/00/015.
44. Gonçalves A. 2015. Avaliação de desempenho, morfometria intestinal e qualidade de carne de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com extrato de algas. Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia, do programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Brasil.
45. Guevara J. 2013. Contenido de Minerales y ácidos grasos Omega-3 en huevos de gallinas ponedoras alimentadas con harina de algas (*Ulva* spp). Tesis para optar el grado de magister Scientiae en Tecnología de alimentos. UNALM. Lima –Perú.
46. Hammershoj M. 1995. Effect of dietary fish-oil with natural content of carotenoids on fatty-acid composition, n-3 fatty-acid content, yolk color and egg quality of hen eggs. *Archiv fur Geflugelkunde* 59:189-197
47. Halle I, Janczyk P, Freyer G, Souffrant W. 2009. Effect of microalgae *Chlorella vulgaris* on the laying hen performance. *Archiva Zootechnica* 12(2):5-13.
48. Hibberd DJ. 1981. Notes on the taxonomy and nomenclature of the algal classes Eustigmatophyceae and tribophyceae(synonym Xanthophyceae). *Journal of the Linnean Society of London Botany* 82:93-119.
49. Holdt SL y Kraan S. 2011. Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation. *Journal of Applied Phycology* 23: 543-597.
50. [IMARPE] Instituto del Mar del Perú. 2012. Estudios sobre macroalgas pardas en el Sur del Perú 2011-2015. **ISSN 0378 – 7702**
51. Indergaard M, Minsaas J. 1991. Animal and human nutrition. In Guiry MD, Blunden G (eds.), *Seaweed resources in Europe: Uses and potential*. p 21–64.
52. Ito K, Hori K. 1989. Seaweed: chemical composition and potential food uses. *Food Review International* 5:101–144.
53. Jensen A. 1972. The nutritive value of seaweed meal for domestic animals. In: *Proceedings of the Seventh International Seaweed Symposium*. University of Tokyo Press. p 7-14.
54. Kain JM, Norton TA. 1990. Marine ecology in *Biology of the red algae*. K.M.Cole and R.G. Sheath, eds. New York: Cambridge University Press. p. 377 -422

55. Kagan M, Matulka R. 2015. Safety assessment of the microalgae *Nannochloropsis oculata* Toxicology Reports. 2:617-623
56. Kent M, Welladsen H, Mangott, Li Y. 2015. Nutritional Evaluation of Australian Microalgae as Potencial Human Health Supplements. Plos One 10(2):1-14. [Internet], [20 febrero 2016] Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4344213/pdf/pone.0118985.pdf
57. Kotrbáček V, Skřivan M, Kopecký J, Pěnkava O, Hudečková P, Uhríková I, Doubek J. 2013. Retention of carotenoids in egg yolks of laying hens supplemented with heterotrophic *Chlorella*. Czech Journal of Animal Science. 58: 193–200
58. Lamare MD, Wing SR. 2001. Calorific content of New Zealand marine macrophytes. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 35(2):335–341.
59. Lourenço S, Barbarino E, De-Paula J, Pereira L, Lanfer U. 2002. Amino acid composition, protein content and calculation of nitrogen-to-protein conversion factors for 19 tropical seaweeds. Phycological Research 50: 233-241.
60. Levy L, Maxim C, Friedlander M. 1992. Fatty acid distribution among some red algal macrophytes. Journal of Phycology 28: 299 – 304.
61. Lemahieu Ch, Bruneel Ch, Termote-Verhalle R, Muylaert K, Buyse J, Foubert I. 2013. Impact of feed supplementation with different omega-3 rich microalgae species on enrichment of eggs of laying hens. Food Chemistry 141:4051-4059.
62. Lobban C, Harrison P. 1994. Seaweeds ecology and physiology. Cambridge Press University, England. 366 p.
63. Lubian L, Montero O, Moreno-Garrido I, Huertas I, Sobrino C, Gonzáles M, Parés G. 2000. *Nannochloropsis* (Eustigmatophyceae) as source of commercially valuable pigments. Journal of Applied Phycology 12:249-255.
64. Mai K, Mercer JP, Donlon J. 1994. Comparative studies on the nutrition of two species of abalone *Haliotis tuberculata* L. and *Haliotis discus hannai* Ino II. Amino acid composition of abalone and six species of macroalgae with an assessment of their nutrional value. Aquaculture 128:115-130.
65. Mansilla A, Alveal K. 2004. Generalidades sobre las macroalgas. En: Werlinger C, Alveal K, Romo H, eds. Biología marina y oceanografía: Conceptos y procesos. Chile: Consejo Nacional del Libro y la Lectura. p 352.

66. Mansilla A, Alveal K. 2004 Generalidades sobre macroalgas. Capitulo 16. En Biología Marina y Oceanografía: Conceptos y Procesos. Editor Werlinger C. Editorial Concepción Gobierno de Chile consejo nacional del libro y la lectura. p 351, 696.
67. Mariey YA, Samak HR, Ibrahem MA. 2012. Effect of using spirulina platensis algae as afeed additive for poultry diets: 1- productive and reproductive performances of local laying hens. Egypt. Poult. Sci. 32 (1):201-215
68. Marín GR. 2003. Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos: tratamiento y control de calidad del agua. España. Ediciones Díaz de Santos. p 79 -82.
69. Marinho-Soriano E, Fonseca PC, Carneiro MA, Moreira WS. 2006. Seasonal variation in the chemical composition of two tropical seaweeds. Bioresour Technol. 18:2402-6.
70. Marquez V, Avija A, Shimada A. 1974. Estudios preliminares sobre el valor nutritivo del alga *Spirulina* para pollos de engorda. Actas y abstractos. XV Congreso y Exposición mundial de avicultura. USA. p 486-487.
71. Marsham S, Scott GW, Tobin ML. 2007. Comparison of nutritive chemistry of a range of temperate seaweeds. Food chemistry 100:1331-1336.
72. McHugh DJ. 2002. Perspectivas para la producción de algas marinas en los países en desarrollo. FAO Circular de Pesca. N° 968, Roma. [Internet], [28 febrero 2016] Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/004/y3550s/Y3550S00.htm>
73. Melo TV, Ferreira RA, Oliveira VC, Carneiro JB, Moura AM, Silva CS, Nery VL. 2008. Calidad del huevo de codornices utilizando harina de algas marinas y fosfato monoamónico. Arch. Zootec. 57(219):313-319.
74. Mora SC. 2012. Evaluación de spirulina en la alimentación de pollos broiler en la Ponderosa Km 7 1/2 parroquia Puerto Limón de Santo Domingo de los Tsachilas. Tesis para obtener el título profesional. Latacunga. Universidad Técnica de Cotopaxi. 87 p
75. Morales de León J, Babinsky V, Bourges RH, Camacho PM. 2000. Tablas de composición de alimentos mexicanos. Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubairán. México DF.
76. Nieves GC. 2009. Algas como alternativa saludable. En: XIII Congreso de Nutricionistas y Dietistas de Venezuela. Estado Nueva Esparta: Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas.
77. Nisizawa K, Noda H, Kikuchi R, Watanabe T. 1987. The main seaweed food in Japan. Hydrobiologia 151/152:5-29

78. [NRC] National Research Council. 1981. Nutrient requirements of goats National Academy, Washington DC, EE.UU. 91 p.
79. Otero A, García D, Morales ED, Arán J, Fábregas J. 1997. Manipulation of the biochemical composition of the eicosapentaenoic acid-rich microalga *Isochrysis galbana* in semicontinuous cultures. *Biotechnology and Applied Biochemistry* 26: 171-177.
80. Ortiz J, Romero N, Robert P, Araya J, Lopez-Hernandez J, Bozzo C, Navarrete E, Osorio A, A Rios. 2006. Dietary fiber, amino acid, fatty acid and tocopherol contents of the edible seaweeds *Ulva lactuca* and *Durvillaea antarctica*. *Food Chemistry* 99: 98-104.
81. Ozaky H, Kawahara M, Nogami R, Yamada Y, Takahashi H. 2013. Supplemental Red Algal, *Gracilaria vermiculophylla*, from a Brackish Japanese Lake, Strengthens Egg shells and Improves the Haugh unit of Egg in Laying Hens. *J Fisheries Livest Prod* 2:1-5
82. Paine RT, Vadas RL. 1969. Calorific values of benthic marine algae and their postulated relation to invertebrate food preference. *Marine Biology* 4:79–86.
83. Pascher A. 1914. Über Flagellaten und Algen. *Berichte der deutsche botanischen Gesellschaft* 32:136-160
84. Pedraza, G. 1989. Cultivo de *Spirulina* máxima para suplementación proteica. *Livestock Research for Rural Development*. [Internet], [10 marzo 2015] Disponible en: <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/lrrd/lrrd1/1/gloria.htm>
85. Pengzhan Y, Quanbin Z, Ning L, Zuhong X, Yanmei W, Zhi'en L. 2003. Polysaccharides from *Ulva pertusa* (Chlorophyta) and preliminary studies on their antihyperlipidemia activity. *Journal of applied phycology* 15:21-27.
86. Peña-Rodríguez A, León A, Ricque-Marie D, Moll B, Cruz-Suárez LE. 2009. Three different inclusion forms of green seaweed *Ulva clathrata* in shrimp feed. In: Program and Abstracts. World Aquaculture 2009. Veracruz, Mexico, September 25-29 2009
87. Peña-Rodríguez A, Mawhinney TP, Ricque-Marie D, Cruz-Suárez LE. 2010 . Chemical composition of cultivated seaweed *Ulva clathrata*. *Food Chemistry*. 129:491-498.
88. Ramírez ME, Santelices B. 1981. Análisis biogeográfico de la flora algológica de Antofagasta (Norte de Chile)". *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural Chile* 38:5-20.
89. Rech M, Mouget J, Morant A, Philippe R. 2005. Long-term acclimation to UV radiation: effects on growth, photosynthesis and carbonic anhydrase activity in marine diatoms. *Botanica Marina* 48: 407-420.

90. Ribaya-Mercado JD, Blumberg JB. 2004. Lutein and zeaxanthin and their potential roles in disease prevention. *Journal of American College of Nutrition*. 23:567–587
91. Rimber II. 2007. Why seaweeds. Degree Diss.Sam Ratulangi University, Manado, Indonesia.
92. Rosell KG, Srivastava LM. 1987. Fatty acids as antimicrobial substances in Brown algae. *Hydrobiología*. 152: 471 – 475.
93. Simopoulos AP. 1998. The Return of ω 3 Fatty Acids into the Food Supply. I. Land-based Animal Food Products and Their Health Effects. Karger Ed., Basel.Switzerland. 240 p.
94. Tierney AJ, Atema J. 1988. Behavioral responses of cryfish (*Orconectes virilis* and *Orconectes rusticus*) to chemical feeding stimulants. *J. Chem. Ecol.* 14(1): 123-132.
95. Toyomizu M, Sato K, Taroda H, Kato T, Akiba Y. 2001. Effects of dietary spirulina on meat color in muscle of broiler chickens. *Br. Poult Sci.* 42(2):197-202.
96. Valente LMP, Gouveia A, Rema P, Matos J, Gomes EF, Pinto IS. 2006. Evaluation of three seaweeds *Gracilaria bursa-pastoris*, *Ulva rigida* and *Gracilaria cornea* as dietary ingredients in European seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. *Aquaculture* 252:85-91.
97. Valdivie M, Dieppa O. 2001. Momento óptimo para la inclusión de spirulina en dietas para pollo de ceba. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*. 35(2):163-166
98. Ventura MR, Castañón JIR, McNab JM. 1994. Nutritional value of seaweed *Ulva rigida*.for poultry. *Anim. Feed Science Technol* 49:87–92
99. Vian OA. 2006. Introducción a la química industrial. Barcelona: Editorial Reverté S.A. p 615 – 617
100. Vishwanathan R, Gooddrow-Kotyla EF, Wooten BR, Wilson TA, Nicolosi RJ. 2009. Consumption of 2 and 4 eggs yolks/d for 5 wk increases of macular pigment concentrations in older adults with low macular pigment taking cholesterol-lowering statins. *American Journal of Clinical Nutrition*, 16, 1272–1279.
101. Wong KH, Cheung CK. 2000. Nutritional evaluation of some subtropical red and green seaweeds. Part I – proximate composition, amino acid profiles and some physico-chemical properties. *Food Chemistry* 71:475–482.
102. Zahroojian N, Moravej H, Shivazad M. 2013. Effects of Dietary Marine Algae (*Spirulina platensis*) on Egg Quality and Production Performance of Laying Hens. *J. Agr. Sci. Tech.* 15: 1353-1360

103. Zahroojian N, Moravej H, Shivazad M. 2011. Comparison of marine algae (*Spirulina platensis*) and synthetic pigment in enhancing egg yolk colour of laying hens. *British Poultry Science* 52(5):584-588.
104. Zemke-White WL, Ohno M. 1999. World seaweed utilization: An end of century. *Journal of Applied Phycology* 11:369-376